

古水稻土与现代水稻土硝化活性的比较*

胡君利^{1,2,3} 林先贵^{1,2} 褚海燕^{1,2} 尹睿^{1,2} 张华勇^{1,2} 曹志洪^{1,2} 胡正义^{1,2}

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

(2 中国科学院南京土壤研究所- 香港浸会大学土壤与环境联合开放实验室, 南京 210008)

(3 中国科学院研究生院, 北京 100039)

COMPARISON BETWEEN ANCIENT AND PRESENT PADDY SOILS IN NITRIFYING ACTIVITIES

Hu Junli^{1,2,3} Lin Xiangui^{1,2} Chu Haiyan^{1,2} Yin Rui^{1,2} Zhang Huayong^{1,2} Cao Zhihong^{1,2} Hu Zhengyi^{1,2}

(1 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

(2 Joint Open Laboratory of Soil and the Environment, Institute of Soil Science and Hongkong

Baptist University, Nanjing 210008, China)

(3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

关键词 古水稻土; 硝化作用; 氨氧化细菌

中图分类号 S154. 3 文献标识码 A

根据最新的考古发现, 中国种植水稻的历史可以追溯到公元前 4 000 多年。据考证, 位于长江三角洲的昆山市正仪镇绰墩山古水稻土遗址的地下 42~ 57 cm 与 100~ 116 cm 均为古水稻土层, 历史耕作时间分别距今约 3 320 a 和 6 280 a。硝化细菌在耕作土中的数量及其硝化强度被认为是土壤肥力的指标之一^[1], 在土壤氮素循环中起着重要作用。氨氧化细菌在硝化作用过程中将铵氧化为亚硝酸盐, 实现亚硝化作用, 是硝化过程中必不可少的步骤, 同时也是其限速反应^[2]。本试验比较研究古水稻土与现代水稻土硝化活性的差别, 观察氨氧化细菌沿土壤深度的分布规律, 对揭示古水稻土在长期埋藏于土壤深层后的硝化功能演变具有积极的指示意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2003 年 12 月 10 日在绰墩山遗址的考古剖面采集水稻土(水耕人为土)土样。土样编号和 pH 值、

有机碳含量检测结果如表 1 所示, 其中土样 5 与土样 8 分别为距今 3 320 a 和 6 280 a 的古水稻土, 土样 12 是土壤母质。

表 1 绰墩山遗址水稻土剖面新鲜土样的 pH 和有机碳含量

土壤样品	编号	土层深度 (cm)	有机碳 (g kg ⁻¹)	pH
现代水稻土	1	0~ 15	20. 52	5. 77
	2	15~ 22	10. 12	6. 51
	3	22~ 38	9. 89	6. 50
	4	38~ 42	9. 89	6. 50
古水稻土	5	42~ 57	9. 75	6. 07
	8	100~ 116	22. 31	6. 17
母质	12	174~ 200	4. 00	6. 12

1.2 试验方法

1.2.1 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 的测定 取土样 1、5、8 和 12, 风干过 2 mm 筛, 每个风干土样称取 4 份(每份相当于 10 g 干土), 加入 40 ml 2 mol L⁻¹ KCl 溶液, 振荡 30 min, 提取过滤。滤液经稀释后, 采用荷

* 国家自然科学基金重点项目(40335047)资助

- 通讯作者, Tel: 025-86881057; E-mail: zhcao@issas.ac.cn

作者简介: 胡君利(1982-), 男, 安徽绩溪人, 硕士研究生, 主要从事土壤微生物生态方向研究。E-mail: jlu@issas.ac.cn

收稿日期: 2004-09-24; 收到修改稿日期: 2004-12-10

兰生产的 SKALAR San^{plus} 流动分析仪, 根据标准溶液和待测溶液的峰高测定 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 浓度, 计算每克干土的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量^[3]。

1.2.2 土壤硝化强度的测定 称取相当于 10 g 干土的风干土样, 加入含 4 mg N 的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液, 用蒸馏水调节到田间最大持水量的 60%, 同时设不添加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液的对照, 每个处理设 4 个重复, 30 °C 条件下恒温好氧培养 28 d。在培养 0、7、14、21、28 d 后分别取样, 用 2 mol L^{-1} KCl 溶液提取过滤, 滤液用流动分析仪测定 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 浓度^[4, 5]。

1.2.3 氨氧化细菌数量的测定 采用 MPN (Most probable number, 最大或然数) 法^[6]。取新鲜土样 1、2、3、4、5、8 和 12, 用无菌水配制成不同稀释度的土壤悬液, 每一稀释度设 4 个重复, 30 °C 恒温培养 8 周, 根据阳性管数查表得数量近似值, 换算成每克干土中氨氧化细菌的数量。

2 结果与分析

2.1 土壤的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量

从图 1 可以看出, 现代水稻土、古水稻土和土壤母质的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量均比较接近, 即 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量不随土层深度和历史背景而有大的变化。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量的分布规律则不一样, 土样 5、8、12 均大幅低于同层的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量, 而现代水稻土的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量比古水稻土层的高出了 30 多倍, 比同层的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量也高出了 10 倍以上。现代水稻土的 N 主要以 NO_3^- 形式存在, 这表明表层土壤具有较强的硝化活

性; 而深层土壤的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 与 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 处于相对均衡状态, 表明古水稻土与土壤母质的硝化活性处于较低水平^[7]。

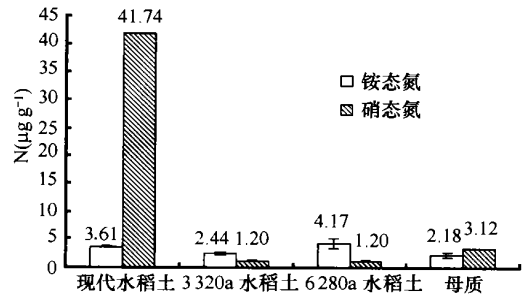


图 1 古水稻土与现代水稻土的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量

2.2 土壤的硝化活性

图 2 a 展示以上四个土样在不添加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的情况下, 不同培养时间后的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 累积量。现代水稻土的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量缓慢增加, 在 28 d 时 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量增加了近 50%, 硝化活性明显, 这可能与土壤有机氮随培养时间延长而产生的矿化有关; 而古水稻土与土壤母质的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量一直处于较低水平, 没有明显的变化。

图 2 b 展示以上四个土样在添加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的情况下, 不同培养时间后的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 累积量。现代水稻土的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量迅速增加, 14 d 时有 10% 左右的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 转化为 $\text{NO}_3^-\text{-N}$, 28 d 时则有 40% 左右的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 实现转化, 表现出极强的硝化活性; 而古水稻土与土壤母质的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量与不添加 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的情况一样处于较低水平, 没有发生变化。

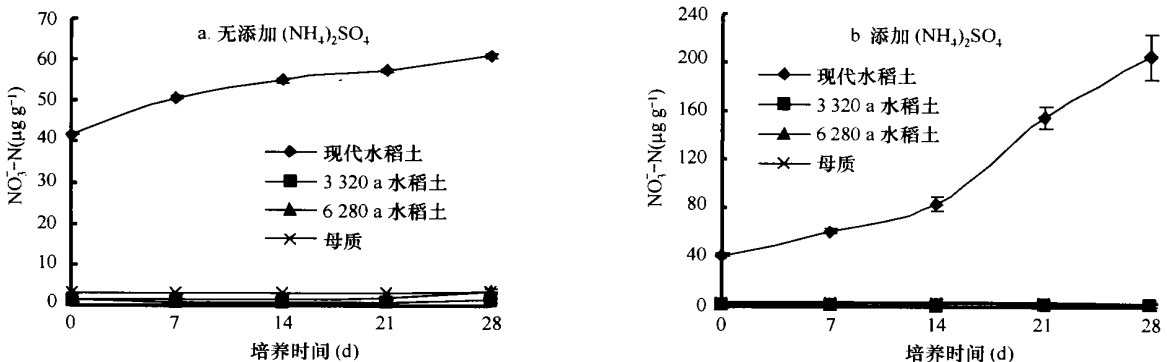


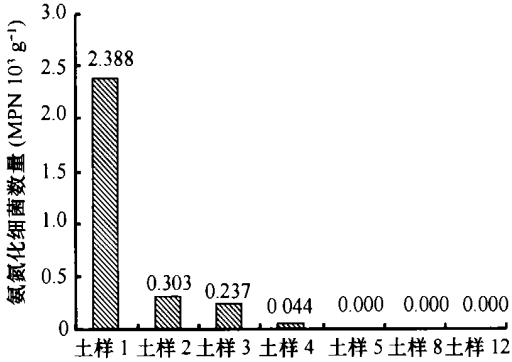
图 2 古水稻土与现代水稻土的硝化强度

2.3 土壤氨氧化细菌的数量

图 3 示土壤氨氧化细菌的数量分布情况, 在现代水稻土中随深度增加呈现逐渐减少的分布, 古水

稻土和土壤母质在通过长达 8 周的培养之后均未检出氨氧化细菌。氨氧化细菌是好氧性细菌, 表层的现代水稻土因为人为耕作和土壤动物活动等方面的

原因,土壤疏松通气,适合氨氧化细菌的生长,其数量与通气情况密切相关,而通气状况与土壤深度直接对应。古水稻土在好氧条件下长时间培养后没有发现氨氧化细菌的复苏,说明厌氧环境已经基本导致了氨氧化细菌的消亡。



土样 1~ 土样 4 为现代水稻土; 土样 5 和土样 8 为古水稻土; 土样 12 为母质

图 3 古水稻土与现代水稻土的氨氧化细菌数量

3 讨论

研究发现, 6 280 a 前种植的古水稻土与现代水稻土具有相近的有机质含量, 说明古水稻土保持了较好的土壤肥力。此外, 现代水稻土含有较多的氨氧化细菌, 并相应具有较强的硝化功能, 而古水稻土未检测到氨氧化细菌, 没有表现出硝化活性。这可

能由于古水稻土长期埋于土壤深层, 微生物群落结构发生了巨大衰变, 在厌氧环境条件下可能造成氨氧化细菌的消亡及土壤硝化功能的消失。为证实古水稻土硝化功能的可能演变和氨氧化细菌的可能消亡, 我们将开展盆栽试验并利用分子生物学手段做进一步研究^[8]。

参考文献

- [1] 郭爱莲, 李振海, 黄淑菊. 硝化细菌的分离研究. 西北大学学报(自然科学版), 1996, 26(1): 83~ 86
- [2] Wood P.M. Nitrification as a bacterial energy source. In: Prosser J I. ed. Nitrification. Special Publ. Soc. Gen. Microbiol., Vol. 20. Oxford: IRL Press, 1986. 39~ 62
- [3] 王连峰, 蔡祖聪. 水分和温度对旱地红壤硝化活性和反硝化活力的影响. 土壤, 2004, 36(5): 543~ 546
- [4] Chu H Y, Hosen Y, Yagi K. Nitrogen oxide emissions and soil microbial activities in a Japanese andisol as affected by N-fertilizer management. Soil Sci. Plant Nutr., 2004, 50(2): 287~ 292
- [5] 林江辉, 李辉信, 胡锋, 等. 干土效应对土壤生物组成及矿化与硝化作用的影响. 土壤学报, 2004, 41(6): 924~ 930
- [6] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986. 113~ 116
- [7] Zhang H Y, Li Z G, Pan Y H, et al. Denitrifying bacteria in paddy soils of Taihu Lake Basin, China. Pedosphere, 2004, 14(4): 527~ 532
- [8] 张瑞福, 崔中利, 李顺鹏. 土壤微生物群落结构研究方法进展. 土壤, 2004, 36(5): 476~ 480